



OLIMPIADA NAȚIONALĂ DE ASTRONOMIE ȘI ASTROFIZICĂ

IAȘI

EDIȚIA a XXI-a

24-29 MAI 2024

PROBA TEORETICĂ SCRISĂ CATEGORIA SENIORI 2

- Se punctează oricare alte formulări/modalități de rezolvare corectă a cerințelor.
- Nu se acordă punctaje intermediare la subiectele de tip grilă.
- Durata probei este de 4 ore.

Subiectul I (10 puncte)

1. Principala sursă a energiei emise de Soare este:
 - A. dezintegrarea substanțelor radioactive,
 - B. arderea sau combustia chimică,
 - C. contracția gravitațională,
 - D. reacțiile de fuziune nucleară de transformare a hidrogenului în heliu.
2. Legea lui Hubble este prima încercare de a explica:
 - A. Universul staționar
 - B. Materia întunecată
 - C. Expansiunea Universului
 - D. Paradoxul informației pentru găurile negre
3. Văzute de pe Pământ, stelele sclipesc, pe când în cazul planetelor nu se observă acest lucru deoarece:
 - A. lumina venită de la stele este absorbită de praful interstelar.
 - B. stelele au lumină proprie, pe când planetele nu au.
 - C. dimensiunea unghiulară aparentă a stelelor este mult mai mică decât a planetelor.
 - D. stelele sunt mult mai fierbinți decât planetele.

4. În cât timp ajunge lumina unui LASER de la Pământ la Jupiter, când Pământul se află în opoziție față de Jupiter, dacă distanța Soare-Jupiter este $a=5,204ua$, viteza luminii este $c=2,997 \cdot 10^8 m/s$ și $1ua=1,496 \cdot 10^{11}m$. Se neglijează raza Pământului și a lui Jupiter.
- 32,76min;
 - 34,97min;
 - 36,85min;
 - 38,28min
5. Cum putem decide dacă un sistem binar ce emite lumina în lungimea de undă λ poate fi văzut ca două entități separate (în sensul Rayleigh) de către un telescop de diametru D ?
- Distanța dintre aștri trebuie să fie egală cu $\frac{D}{\lambda}$
 - Diametrul unghiular al sistemului trebuie să fie mai mare decât $1,22 \cdot \frac{\lambda}{D}$
 - Diametrul D trebuie să fie multiplu de lungimea de undă λ
 - Aștrii să poată fi distinși și cu ochiul liber.
6. Prima viteză cosmică la suprafața unei planete este v . Cunoscând densitatea planetei ρ și constanta gravitațională G , raza R a planetei ar fi:
- $R = \frac{v}{\sqrt{3}\sqrt{G\pi\rho}}$
 - $R = \frac{v\sqrt{3}}{4\sqrt{G\pi\rho}}$
 - $R = \frac{v\sqrt{3}}{2\sqrt{G\pi\rho}}$
 - $R = \frac{3v\sqrt{3}}{2\sqrt{G\pi\rho}}$
7. Care dintre următoarele afirmații despre nutație NU este adevărată?
- astronomul Bradley a observat că polul Nord ceresc descrie în jurul poziției sale medii o elipsă foarte mică față de polul Nord ecliptic cu perioada de 18,6 ani;
 - axa mare a elipsei de nutație are deschiderea unghiulară de 18,42 secunde de-a lungul meridianul ecliptic, iar axa mică deschiderea unghiulară de 13,72 secunde de-a lungul paralelului ecliptic;
 - nutația este un efect de perturbație produse de Lună asupra deformării ecuatoriale a Pământului;
 - pozițiile de observare ale aștrilor nu sunt afectate de nutație.
8. Care este scala pixelului pentru un sistem optic format dintr-un telescop cu distanța focală de 1,2m, diametrul oglinzii de 200cm și un CCD de dimensiunile 1276 x 5969, unde latura pixelilor pătrați are dimensiunea de $3,27\mu m$?
- 0,56''
 - 2,3'
 - 0,004''
 - 2,4''

9. Care este câmpul vizual total printr-un telescop cu distanța focală de 1,2m și diametrul oglinzii de 200cm, când se folosește un ocular cu distanța focală de 24cm și câmpul vizual de 36° ?
- A. 5°
 B. $7,2^\circ$
 C. $10,4^\circ$
 D. 18°
10. Resturile unei supernove sunt în expansiune cu viteza $v = 1000 \text{ km/s}$, pornind din centrul stelei colapsate în toate direcțiile. Distanța față de aceste resturi este $d = 10000$ parseci. Calculați diametrul unghiular al acestei supernove peste un an.
- A. $0,04''$
 B. $0,56''$
 C. $9,3''$
 D. $15,8''$

Subiectul II (15 puncte)

II.1. Pe arhipelagul Toscan (8 puncte)

Una dintre cele mai cunoscute dovezi în favoarea sfericității Pământului este observarea unei nave care se îndepărtează de coastă: corpul navei dispăre în timp ce catargul este încă vizibil, chiar dacă distanța ar fi de așa natură încât să vă permită să vedeți în continuare întreaga navă. Fenomenul este observat de către un locuitor al insulei Pianosa de pe arhipelagului Toscan, care privește o navă la orizont. Acesta estimează că după ce nava a dispărut, catargul a mai putut fi văzut aproximativ 45 de minute.



- a. **(2 puncte)** De ce dispăre doar corpul navei, iar catargul rămâne încă vizibil?
- b. **(3 puncte)** Considerând lungimea catargului de $L = 50 \text{ m}$ și raza Pământului $R = 6400 \text{ km}$, estimați viteza cu care nava se îndepărtează de insula Pianosa.



De pe insula Elba a arhipelagului Toscan se poate vedea lumina farului insulei Pianosa, la $d = 28 \text{ km}$ depărtare. Observatorii aflați pe malul plajii Madonna delle Grazie au remarcat că doar persoanele mai înalte, cu înălțimea $h > X = 1.8 \text{ m}$, mai pot vedea lumina farului, care se află la $h = 42 \text{ m}$ altitudine față de nivelul mării.

c. **(3 puncte)** Estimați raza Pământului.

II.2. Eclipse în sistem binar de stele (7 puncte)

Se consideră un sistem binar de stele, dintre care una este albă iar cealaltă albastră. Steaua albă este cu $0,8^m$ mai strălucitoare decât steaua albastră, iar raza sa este de 2,8 ori mai mare. Determinați:

- (3,5 puncte)** Cu cât scade magnitudinea aparentă a sistemului în timpul eclipsei principale.
- (3,5 puncte)** Cu cât scade magnitudinea aparentă a sistemului în timpul eclipsei secundare.

Observație: Considerați că eclipsele sunt centrale.

Subiectul III (25 puncte)

III.1. Soarele în viitorul îndepărtat (8 puncte)

Într-un viitor îndepărtat, Soarele se va transforma într-o gigantă roșie, atingând astfel dimensiunea maximă în decursul evoluției sale. Raza sa va fi de 256 ori mai mare decât în prezent iar luminozitatea va crește de 2730 ori, pe când masa se va micșora cu 33,2%. Se consideră că pierderea de masă a Soarelui în faza de gigantă roșie se produce lent iar orbitele planetelor sunt circulare. Se cunoaște luminozitatea Soarelui $L_0 = 3,846 \cdot 10^{26} \text{ W}$ și constanta Stefan-Boltzmann $\sigma = 5,67 \cdot 10^{-8} \text{ W / m}^2 \text{ K}$.

- (3 puncte)** Care dintre planetele Sistemului Solar vor fi ”înghițite” de Soare?
- (3 puncte)** Determinați temperatura medie absolută la suprafața primei planete care nu va fi înghițită de Soare.
- (2 puncte)** Care dintre planete se vor afla în zona de habitabilitate? Se neglijează efectul de seră.

Puteți folosi datele din tabelul de mai jos.

Planeta	Semi-axa mare (UA)	Albedoul
Mercur	0,386	0,12
Venus	0,724	0,59
Pământ	1,00	0,31
Marte	1,52	0,15
Jupiter	5,20	0,44
Saturn	9,58	0,46
Uranus	19,2	0,56
Neptun	30,1	0,51

III.2. Unde se află steaua polară? (8 puncte)

Încă din antichitate, oamenii aproximează Polul Nord Ceresc cu Polaris (steaua alpha din constelația Ursa Mică). Polaris se poate identifica pe cerul nopții, prelungind de 5 ori segmentul format de stelele Dubhe și Merak, reprezentând stelele alpha, respectiv, beta din Ursa Mare. Se consideră că Dubhe, Merak și punctul de interes format prin prelungire sunt pe un cerc mare.

- (2 puncte)** Se cunosc coordonatele ecuatoriale (J2024.5) ale stelelor implicate: $\alpha_P = 3^h 0^m 40^s$, $\delta_P = 89^\circ 22' 0''$ (Polaris); $\alpha_D = 11^h 5^m 15^s$, $\delta_D = 61^\circ 37' 29''$ (Dubhe); $\alpha_M = 11^h 3^m 19^s$, $\delta_M = 56^\circ 15' 19''$ (Merak). Determinați coordonatele ecuatoriale α_Q, δ_Q ale punctului teoretic Q obținut prin tehnica prelungirii segmentului, descrisă mai sus.
- (2 puncte)** Calculați distanța unghiulară dintre Q și Polaris, respectiv dintre Q și Polul Nord Ceresc. Se justifică acuratețea metodei?
- (2 puncte)** Se știe că are loc fenomenul de precesie a echinoctiilor, cu o perioadă de 25.780 de ani. Oblicitatea Terrei este $\varepsilon = 23^\circ 26'$. Neglijăm în cele ce urmează mișcarea proprie a stelelor. În ce an apropiat lui 2024, Polul Nord Ceresc era/va fi la distanță unghiulară minimă de Polaris? Care este acea valoare minimă a distanței unghiulare?
- (2 puncte)** În ce an apropiat lui 2024, metoda prelungirii segmentului pentru a găsi empiric Polul Nord Ceresc era/va fi cea mai precisă? Cât de mare e eroarea? Comparați cu valorile de la b).

III.3. Relația Bobrovnikov – Delsemme (9 puncte)

Particulele de praf cometar se desprind de nucleu ca mai apoi să fie antrenate în mișcarea gazului cometar ajungând rapid la viteza inițială de ejecție, $v_0 = v_0(r)$. Valoarea acestei viteze depinde de distanța heliocentrică conform relației empirice Bobrovnikov – Delsemme:

$$v_0(r) \sim \frac{1}{\sqrt{r}}$$

După desprinderea de nucleu, asupra prafului cometar acționează presiunea radiației solare care limitează mărimea coamei în direcția Soarelui, accelerația imprimată fiind direct proporțională cu forța gravitațională exercitată de Soare,

$$a_{rad} = -\beta \frac{KM_\odot}{r^2}$$

unde β este coeficientul de presiune solară, care depinde de proprietățile fizice ale particulelor de praf, K – constanta atracției universale, M_\odot – masa Soarelui și r – distanța heliocentrică.

Vom considera o cometă care se apropie de Soare pentru care s-a determinat viteza inițială de ejecție ca fiind 580 m/s atunci când se afla la distanța heliocentrică de 1 UA.

- a) **(3 puncte)** Determinați lungimea coamei cometei în direcția Soarelui în funcție de r, v_0, β, K și M_{\odot} . Presupuneți neglijabilă variația distanței heliocentrice.
- b) **(1 punct)** Lungimea coamei la periheliu va fi maximă sau minimă?
- c) **(2 punct)** Presupunând că nucleul a început să sublimeze la aproximativ 4 UA față de Soare, estimați intervalul de timp măsurat de la începerea ejecției necesar coamei să se extindă până la dimensiunea maximă permisă de presiunea radiației solare. Considerați $\beta = 1$ și dimensiunea nucleului neglijabilă.
- d) **(3 puncte)** Determinați dimensiunea unghiulară a coamei văzute de pe Pământ imediat după ce cometa a început să sublimeze și coama s-a extins la dimensiunea maximă, știind că se afla la distanța geocentrică de $\Delta = 4.5 \text{ UA}$.

Se dau:

$$K = 6.67 \cdot 10^{-11} \text{ Nm}^2 \text{ kg}^{-2}$$

$$M_{\odot} = 2 \cdot 10^{30} \text{ kg}$$

$$1 \text{ UA} = 1.5 \cdot 10^{11} \text{ m}$$